

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053438

International filing date: 14 December 2004 (14.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 004 004.4
Filing date: 27 January 2004 (27.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 14 February 2005 (14.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP/04/53438

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 004 004.4

Anmeldetag: 27. Januar 2004

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Ansteuerung für ein Heterodyn-Interferometer

IPC: G 01 B, G 01 J, G 02 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Januar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

5

R. 307445

19. Januar 2004

10 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansteuerung für ein Heterodyn-Interferometer

15 Stand der Technik

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Ansteuern eines Heterodyn-Interferometers mit zwei in getrennten Lichtwegen angeordneten akustooptischen Modulatoren, einem Empfänger, welcher ein Analogsignal erzeugt, und einem nachgeschalteten A/D-
20 Wandler, der das Analogsignal in ein Digitalsignal wandelt, bei dem der eine akustooptische Modulator mit einer Modulationsfrequenz f_1 und der andere akustooptische Modulator mit einer anderen Modulationsfrequenz f_2 angesteuert werden, die Differenz der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 eine Heterodynfrequenz f_{Het} bildet und die Umwandlung des Analogsignals in das Digitalsignal im A/D-Wandler mit der
25 Abtastfrequenz f_a erfolgt.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung aus einer Ansteuereinrichtung und einem Heterodyn-Interferometer mit zwei in getrennten Lichtwegen angeordneten akustooptischen Modulatoren, einem Empfänger, welcher ein Analogsignal liefert,
30 und einem nachgeschalteten A/D-Wandler zur Bildung eines Digitalsignals aus dem Analogsignal, wobei der eine akustooptische Modulator mit einer Modulations-

frequenz f_1 und der andere akustooptische Modulator mit einer anderen Modulationsfrequenz f_2 angesteuert ist, und die Differenz der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 einer Heterodynfrequenz f_{Het} entspricht und für die Umwandlung des Analogsignals in das Digitalsignal eine Abtastfrequenz f_a vorgesehen ist.

5

Heterodyn-Interferometer werden benutzt, um die durch einen optischen Phasenschieber verursachte Phasenverschiebung eines Lichtstrahls zu messen. Als optischer Phasenschieber kann beispielsweise die Länge einer optischen Umwegleitung fungieren, deren Länge zu messen ist. Heterodyn-Interferometer sind aus der

10 Fachliteratur bereits hinreichend bekannt.

Bei einem Heterodyn-Interferometer wird der Strahl einer Lichtquelle, üblicherweise ein Laser, durch einen Strahlteiler auf zwei akustooptische Modulatoren geleitet. Die beiden akustooptische Modulatoren werden mit den Frequenzen f_1 und f_2 , die
15 typischerweise im MHz-Bereich liegen, angesteuert. Dabei werden die Lichtstrahlen am Ausgang der akustooptischen Modulatoren um die entsprechende Frequenz gegenüber der Original-Lichtfrequenz verschoben.

Die beiden frequenzverschobenen Lichtstrahlen werden dann über Spiegel wieder
20 einem Strahlteiler zugeführt und vereinigt, wobei einer der beiden Strahlen über einen optischen Phasenschieber verzögert wird. Dies kann durch Materialien geschehen, die die Phase des Lichts verschieben oder in denen die Lichtgeschwindigkeit des Lichts gegenüber Luft verringert ist. Eine weitere Ausführungsform kann vorsehen, dass durch weitere Spiegel das Licht umgelenkt wird und somit das
25 Licht einen optischen Umweg laufen muss. Nachdem beide Lichtstrahlen durch den Strahlteiler, beispielsweise in Form eines halbdurchlässigen Spiegels, wieder vereinigt sind, wird das Licht einem Empfänger zugeführt, der einen Photodetektor und in der Regel einen Verstärker enthält.

Beide Lichtstrahlen interferieren und erzeugen im Empfänger eine Schwebungsfrequenz, die als Heterodynfrequenz f_{Het} bezeichnet wird. Diese Frequenz berechnet sich nach

5 $f_{\text{Het}} = |f_1 - f_2|$

Die Phase dieses Signals, bezogen auf die Phasenlage eines durch Mischung von f_1 mit f_2 gewonnenen elektrischen Signals der Frequenz f_{Het} , entspricht der Phasenverschiebung des optischen Phasenschiebers, die gemessen werden soll.

10 Das Analogsignal, welches am Ausgang des Empfängers zur Verfügung steht, wird einem nachfolgend angeordneten A/D-Wandler zugeführt, der ein Digitalsignal generiert. Die Umwandlung geschieht dabei mit einer Abtastrate der Frequenz f_a . Das Digitalsignal wird dann einer Auswerteeinheit zur Weiterverarbeitung zugeführt.

15 Bei den oben beschriebenen Heterodyn-Interferometern kann die Erzeugung der Frequenzen f_1 , f_2 und f_a im Betrieb zu starken Schwankungen der Heterodynfrequenz $f_{\text{Het}} = |f_1 - f_2|$ führen, da die Oszillatoren zum einen mit der Temperatur und zum anderen über die Alterung einen Frequenzdrift aufweisen können. Weiterhin ist
20 nachteilig, dass das die Austastfrequenz f_a zur Heterodynfrequenz f_{Het} nicht in einem ganzzahligen Verhältnis steht und zudem nicht konstant ist.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Ansteuerung eines Heterodyn-Interferometer bereitzustellen, das diese Nachteile nicht aufweist. Es ist weiterhin
25 Aufgabe der Erfindung eine entsprechende Vorrichtung aus einer Ansteuereinrichtung eines Heterodyn-Interferometer bereitzustellen.

Vorteile der Erfindung

- Die das Verfahren betreffende Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass
- 5 zumindest zwei der Frequenzen aus den Modulationsfrequenzen f_1 , f_2 und der Abtastfrequenz f_a aus einer Grundfrequenz f_{Quarz} eines gemeinsamen Oszillators gebildet werden. Hierdurch kann erreicht werden, dass ein festes Verhältnis der Modulationsfrequenzen eingehalten wird und diese sich nicht durch Alterung und Drift gegeneinander verschieben. Weiterhin kann hierdurch erreicht werden, dass die
- 10 Abtastfrequenz f_a in einem festen Phasenverhältnis zur Differenzfrequenz der Modulationsfrequenzen f_1, f_2 , der Heterodynfrequenz f_{Het} , steht. Die Messgenauigkeit wird erhöht, da die Abtastung unabhängig von Drift und Alterung bei konstanter Phase erfolgt.
- 15 Werden die Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 aus der Grundfrequenz f_{Quarz} nach dem Verfahren der direkten digitalen Synthese (DDS) generiert, indem ein digitaler Akkumulator der Wortbreite N pro Taktimpuls des als Quarzoszillator mit der Grundfrequenz f_{Quarz} ausgebildeten Oszillators um eine ganze Zahl Z inkrementiert wird, kann die Bereitstellung der Signale kostengünstig rein digital erfolgen. Zudem
- 20 können die Modulationsfrequenzen hiermit frei programmiert werden.
- Werden die Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 getrennt in separaten DDS-Einheiten aus der Grundfrequenz f_{Quarz} generiert, können kommerziell erhältliche kostengünstige integrierte Schaltungen verwendet werden.
- 25 Eine besonders einfach zu realisierende Ausführungsform mit linearem Phasenverlauf sieht vor, dass durch das Inkrementieren des digitalen Akkumulators ein sägezahnförmiger Werteverlauf seines Inhaltes gebildet wird.
- 30 Eine für die Modulation der akustooptischen Modulatoren besonders geeignete reine sinusförmige Ansteuerung wird dadurch erreicht, dass der Werteverlauf im digitalen

Akkumulator als Phasenwert einer Kosinus-Schwingung interpretiert wird, dass über eine in einem ROM abgelegte Tabelle und/oder algorithmische Verfahren aus dem Phasenwert ein Abtastwert einer Kosinus-Schwingung ermittelt wird und diese in einem analogen Tiefpassfilter geglättet wird.

5

Ein vereinfachter Schaltungsaufbau sieht vor, dass die Abtastfrequenz f_a für den A/D-Wandler durch eine Teiler-Einheit aus der Modulationsfrequenz f_1 gebildet wird, oder dass die Abtastfrequenz f_a für den A/D-Wandler durch eine Teiler-Einheit aus der Modulationsfrequenz f_2 gebildet wird, wodurch ein weiterer Oszillator eingespart

10 werden kann.

Beträgt die Abtastfrequenz f_a ein ganzzahliges Vielfaches der Heterodynfrequenz f_{Het} , wird eine Verbesserung der Messgenauigkeit erreicht.

15 Bildet das Verhältnis zwischen der Abtastfrequenz f_a und der Heterodynfrequenz f_{Het} mindestens den Faktor 2, wird eine gute Messgenauigkeit bei geringem Schaltungsaufwand erzielt.

Die die Vorrichtung betreffende Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass die
20 Ansteuereinrichtung für die Erzeugung zumindest zweier der Frequenzen aus den Modulationsfrequenzen f_1 , f_2 und der Abtastfrequenz f_a einen gemeinsamen Oszillator mit der Grundfrequenz f_{Quarz} aufweist. Hierdurch wird mit geringem Schaltungsaufwand eine von Drift und Bauteilalterung unabhängige Messgenauigkeit erreicht.

25

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass für die Erzeugung der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 aus der Grundfrequenz f_{Quarz} ein direkter digitaler Synthesizer (DDS) vorgesehen ist, der einen digitalen Akkumulator der Wortbreite N aufweist, welcher pro Takteinheit des als Quarzoszillator ausgebildeten Oszillators (100) mit
30 einer Taktfrequenz f_{Quarz} mittels einer Inkrementierstufe um eine ganze Zahl Z

inkrementierbar ist. Hierdurch können die Signale kostengünstig auf digitalem Weg erzeugt und frei programmiert werden.

Werden für die Erzeugung der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 getrennte DDS-Einheiten vorgesehen, können kostengünstige kommerziell erhältliche Bauteile eingesetzt werden.

Eine vereinfachte Schaltungsausführung sieht vor, dass eine Teiler-Einheit zur Erzeugung der Abtastfrequenz f_a aus der Modulationsfrequenz f_1 vorhanden ist oder dass eine Teiler-Einheit zur Erzeugung der Abtastfrequenz f_a aus der Modulationsfrequenz f_2 vorhanden ist.

Eine bevorzugte Ausführung sieht vor, dass das Teilungsverhältnis der Teiler-Einheit ganzzahlig ist. Hierdurch wird eine besonders gute Messgenauigkeit erzielt.

Eine einfache Ausführung mit guter Messgenauigkeit sieht vor, dass das Teilungsverhältnis der Teiler-Einheit mindestens 2 beträgt.

Zeichnungen

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 schematisch ein Heterodyn-Interferometer gemäß dem Stand der Technik;

Figur 2 schematisch eine Oszillator-Anordnung für ein Heterodyn-Interferometer;

Figur 3 schematisch eine andere Ausführungsform für eine Oszillator-Anordnung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt schematisch ein Heterodyn-Interferometer 1, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist.

Der Strahl einer Lichtquelle 10 wird durch einen Strahlteiler 50 auf zwei akustooptische Modulatoren 20, 30, in der Figur mit AOM1 und AOM2 bezeichnet, geleitet. Die beiden akustooptischen Modulatoren 20, 30 werden mit den Frequenzen f_1 und f_2 , die typischerweise im MHz-Bereich liegen, angesteuert. Dabei werden die Lichtstrahlen am Ausgang der akustooptischen Modulatoren 20, 30 um die entsprechende Frequenz gegenüber der Original-Lichtfrequenz verschoben. Als Lichtquelle 10 wird vorzugsweise ein Laser mit langer Kohärenzlänge verwendet. Die beiden frequenzverschobenen Lichtstrahlen werden dann über Spiegel 60 wieder einem Strahlteiler 50 zugeführt und vereinigt, wobei einer der beiden Strahlen über einen optischen Phasenschieber 40 verzögert wird. Dies kann durch Materialien geschehen, die die Phase des Lichts verschieben oder in denen die Lichtgeschwindigkeit des Lichts gegenüber Luft verringert ist. Eine weitere Ausführungsform kann vorsehen, dass durch weitere Spiegel das Licht umgelenkt wird und somit das Licht einen optischen Umweg laufen muss. Nachdem beide Lichtstrahlen durch den Strahlteiler 50, beispielsweise in Form eines halbdurchlässigen Spiegels, wieder vereinigt sind, wird das Licht einem Empfänger 70 zugeführt. Der Empfänger 70 ist durch einen Photodetektor ausgebildet, dem ein Verstärker nachgeschaltet ist, der ein Analogsignal 71 liefert. Der Verstärker kann im Empfänger 70 integriert sein.

Beide Lichtstrahlen interferieren und erzeugen im Empfänger 70 eine Schwebungsfrequenz, die als Heterodynfrequenz f_{Het} bezeichnet wird. Diese Frequenz berechnet sich nach

$$f_{\text{Het}} = |f_1 - f_2|$$

25

Die Phase dieses Signals, bezogen auf die Phasenlage eines durch Mischung von f_1 mit f_2 gewonnenen elektrischen Signals der Frequenz f_{Het} , entspricht der Phasenverschiebung des optischen Phasenschiebers 40, die gemessen werden soll.

30

Das Analogsignal 71, welches am Ausgang des Empfängers 70 zur Verfügung steht, wird einem nachfolgend angeordneten A/D-Wandler 80 zugeführt, der ein Digital-

signal 81 generiert. Die Umwandlung geschieht dabei mit einer Abtastrate der Frequenz f_a . Das Digitalsignal 81 wird dann einer Auswerteeinheit 90 zur Weiterverarbeitung zugeführt.

- 5 Dem Stand der Technik entsprechend, werden die Frequenzen f_1 , f_2 und f_a aus getrennten Quarzoszillatoren gewonnen, was die oben genannten Nachteile hinsichtlich der Stabilität der Frequenzverhältnisse zueinander aufweist.

Fig. 2 zeigt eine Oszillator-Anordnung für einen Heterodyn-Interferometer gemäß der
10 Erfindung.

Zur Erzeugung der AOM-Frequenzen f_1 und f_2 wird das als direkte digitale Synthese bekannte DDS-Verfahren eingesetzt. Bei diesem Verfahren wird ein digitaler Akkumulator der Wortbreite N pro Taktimpuls eines als Quarzoszillator ausgebildeten
15 Oszillators 100 mit der Taktfrequenz f_{Quarz} um eine ganze Zahl Z inkrementiert. Dabei läuft der Akkumulator durch das ständige Inkrementieren periodisch über. Der Werteverlauf im Akkumulator über die Zeit entspricht dabei einer Sägezahnfunktion mit dem Wertebereich 0 bis $2^N - 1$ (N kann beispielsweise 32 sein). Die Werte im Akkumulator werden als Phasenwert

20

$$F = (2 \cdot \pi \cdot Z) / 2^N$$

einer Kosinus-Schwingung interpretiert. Über eine ROM-Tabelle und/oder über algorithmische Verfahren wird aus diesem Phasenwert ein Abtastwert $\cos(F)$ der
25 Kosinus-Schwingung geformt. Dieser Abtastwert wird über einen D/A-Wandler ausgegeben und analog tiefpassgefiltert, wodurch sich ein zeitkontinuierliches kosinusförmiges Analogsignal der Frequenz

$$f = f_{\text{Quarz}} \cdot Z / 2^N$$

30

ergibt.

An sich sind direkte digitale Synthesizer als integrierte Schaltung bekannt und bilden eine DDS-Einheit. Mit dieser integrierten Schaltung lassen sich mit einer Grundfrequenz per Programmierung kostengünstig hochgenaue Frequenz-
5 generatoren realisieren, die sich im Bereich von 0 bis ca. 1/3 der Grundfrequenz mit hoher Auflösung durchstimmen lassen.

Erfindungsgemäß werden die zwei AOM-Frequenzen f_1 und f_2 mittels zwei getrennten DDS-Einheiten 110, 120 erzeugt, wobei ein Inkrementwert Z_1 für die
10 DDS-Einheit 110 und ein Inkrementwert Z_2 für die DDS-Einheiten 120 vorgegeben wird. Kennzeichnend ist weiterhin, dass die Grundfrequenz für beide DDS-Einheiten 110, 120 mittels eines gemeinsamen Oszillators 100 gebildet wird.

Für die AOM-Frequenzen f_1 und f_2 , die Heterodynfrequenz f_{Het} und die
15 Inkrementwerte Z_1 und Z_2 ergeben sich folgende Gleichungen:

$$f_1 = f_{\text{Quarz}} * Z_1 / 2^N$$

$$f_2 = f_{\text{Quarz}} * Z_2 / 2^N$$

20

$$f_{\text{Het}} = |f_1 - f_2| = f_{\text{Quarz}} * (|Z_1 - Z_2|) / 2^N$$

Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Abtastrate f_a des A/D-Wandlers 80 durch direkte Teilung der Frequenz f_1 durch einen ganzzahligen Faktor N_1 gewonnen. Dies
25 wird in einer beispielsweise integrierten Teilereinheit 130 realisiert.

Hinsichtlich der Genauigkeit der Abtastung beim A/D-Wandler 80 kann es vorteilhaft sein, wenn die Abtastrate f_a genau das k-fache der Heterodynfrequenz f_{Het} beträgt, wobei k eine ganze Zahl ist.

30

Damit ergibt sich folgende Gleichung:

$$f_a = k * f_{\text{Het}} = f_1 / N_1$$

5 Für den Teilfaktor N_1 ergibt sich demnach folgende Beziehung:

$$N_1 = \text{runden} \{f_1 / (k * f_{\text{Het}})\}$$

Da Z_1 ein ganzzahliges Vielfaches von $N_1 * k$ sein muss, ergibt sich für Z_1 folgende Beziehung:

$$Z_1 = k * N_1 * \text{runden} \{(2^N * f_1) / (k * N_1 * f_{\text{Quarz}})\}$$

Für Z_2 gilt dann:

$$Z_2 = Z_1 * \{1 + 1 / (k * N_1)\}$$

In einem Ausführungsbeispiel werden folgende Werte gewählt:

$$f_{\text{Quarz}} = 120 \text{ MHz},$$

$$f_1 = \text{ca. } 34,9 \text{ MHz und } f_2 = \text{ca. } 35,1 \text{ MHz und damit } f_{\text{Het}} = \text{ca. } 0,2 \text{ MHz},$$

$$k = 4$$

Diese werden erreicht mit $N = 32$ und $N_1 = 44$ durch Wahl von

$$Z_1 = 1249119696 \text{ und } Z_2 = 1256216967$$

Es ergibt sich somit für:

$$f_1 = 34,9000011 \text{ MHz und } f_2 = 35,0982966 \text{ MHz},$$

$$f_{\text{Het}} = 0,1982955 \text{ MHz und } f_a = 0,7931818 \text{ MHz}$$

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform einer Oszillator-Anordnung für einen Heterodyn-Interferometer aufgezeigt. Im Unterschied zu der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform wird die Abtastfrequenz f_a mittels einer Teiler-Einheit 140 aus der Frequenz f_2 generiert. Es ergeben sich analog zum oben beschriebenen Ausführungsbeispiel folgende Gleichungen:

$$f_a = k * f_{\text{Het}} = f_2 / N_2$$

$$N_2 = \text{runden} \{f_2 / (k * f_{\text{Het}})\}$$

$$Z_2 = k * N_2 * \text{runden} \{(2^N * f_2) / (k * N_2 * f_{\text{Quarz}})\}$$

$$Z_1 = Z_2 * \{1 - 1 / (k * N_2)\}$$

In diesem Ausführungsbeispiel werden folgende Werte gewählt:

$$f_{\text{Quarz}} = 120 \text{ MHz},$$

$$f_1 = \text{ca. } 34,9 \text{ MHz und } f_2 = \text{ca. } 35,1 \text{ MHz und damit } f_{\text{Het}} = \text{ca. } 0,2 \text{ MHz},$$

$$k = 4$$

Diese werden erreicht mit $N = 32$ und $N_2 = 44$ durch Wahl von

$$Z_1 = 1249140025 \text{ und } Z_2 = 1256277968$$

Es ergibt sich somit:

$$f_1 = 34,9005691 \text{ MHz und } f_2 = 35,1000009 \text{ MHz},$$

$$f_{\text{Het}} = 0,1994318 \text{ MHz und } f_a = 0,7977273 \text{ MHz}$$

Insgesamt lassen sich mit den oben beschriebenen DDS-Einheiten kostengünstig entsprechende Frequenzen für Heterodyn-Interferometer realisieren, da hoch präzise Frequenzen generiert werden können, die eine besondere Frequenzstabilität ergeben, wie sie für bestimmte Messaufgaben von Vorteil sind.

5 19. Januar 2004

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

15
Ansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines Heterodyn-Interferometers (1) mit zwei in
getrennten Lichtwegen angeordneten akustooptischen Modulatoren (20, 30),
einem Empfänger (70), welcher ein Analogsignal (71) erzeugt, und einem
nachgeschalteten A/D-Wandler (80), der das Analogsignal (71) in ein
Digitalsignal (81) wandelt, bei dem der eine akustooptische Modulator (20)
mit einer Modulationsfrequenz f_1 und der andere akustooptische Modulator
(30) mit einer anderen Modulationsfrequenz f_2 angesteuert werden, die
Differenz der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 eine Heterodynfrequenz f_{Het}
bildet und die Umwandlung des Analogsignals (71) in das Digitalsignal (81)
im A/D-Wandler (80) mit der Abtastfrequenz f_a erfolgt,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest zwei der Frequenzen aus den Modulationsfrequenzen f_1 , f_2
und der Abtastfrequenz f_a aus einer Grundfrequenz f_{Quarz} eines
gemeinsamen Oszillators (100) gebildet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 aus der Grundfrequenz f_{Quarz} nach
5 dem Verfahren der direkten digitalen Synthese (DDS) generiert werden,
indem ein digitaler Akkumulator der Wortbreite N pro Taktimpuls des als
Quarzoszillator mit der Grundfrequenz f_{Quarz} ausgebildeten Oszillators (100)
um eine ganze Zahl Z inkrementiert wird .

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 getrennt in separaten DDS-
Einheiten (110, 120) aus der Grundfrequenz f_{Quarz} generiert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass durch das Inkrementieren des digitalen Akkumulators ein
sägezahnförmiger Werteverlauf seines Inhaltes gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Werteverlauf im digitalen Akkumulator als Phasenwert einer
Kosinus-Schwingung interpretiert wird,
über eine in einem ROM abgelegte Tabelle und/oder algorithmische
25 Verfahren aus dem Phasenwert ein Abtastwert einer Kosinus-Schwingung
ermittelt wird und
diese in einem analogen Tiefpassfilter geglättet wird.

- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abtastfrequenz f_a für den A/D-Wandler (80) durch eine Teiler-
Einheit (130) aus der Modulationsfrequenz f_1 gebildet wird, oder
dass die Abtastfrequenz f_a für den A/D-Wandler (80) durch eine Teiler-
Einheit (120) aus der Modulationsfrequenz f_2 gebildet wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Abtastfrequenz f_a ein ganzzahliges Vielfaches der
Heterodynfrequenz f_{Het} beträgt.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verhältnis zwischen der Abtastfrequenz f_a und der
Heterodynfrequenz f_{Het} mindestens den Faktor 2 bildet.
- 20 9. Vorrichtung aus einer Ansteuereinrichtung und einem Heterodyn-Inter-
ferometer (1) mit zwei in getrennten Lichtwegen angeordneten akusto-
optischen Modulatoren (20, 30), einem Empfänger (70), welcher ein Analog-
signal (71) liefert, und einem nachgeschalteten A/D-Wandler (80) zur
Bildung eines Digitalsignals (81) aus dem Analogsignal (71), wobei der eine
akustooptische Modulator (20) mit einer Modulationsfrequenz f_1 und der
25 andere akustooptische Modulator (30) mit einer anderen Modulations-
frequenz f_2 angesteuert ist, und die Differenz der Modulationsfrequenzen f_1
und f_2 einer Heterodynfrequenz f_{Het} entspricht und für die Umwandlung des
Analogsignals (71) in das Digitalsignal (81) eine Abtastfrequenz f_a
vorgesehen ist,
30 dadurch gekennzeichnet,

dass die Ansteuereinrichtung für die Erzeugung zumindest zweier der Frequenzen aus den Modulationsfrequenzen f_1 , f_2 und der Abtastfrequenz f_a einen gemeinsamen Oszillator (100) mit der Grundfrequenz f_{Quarz} aufweist.

5

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass für die Erzeugung der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 aus der Grundfrequenz f_{Quarz} ein direkter digitaler Synthesizer (DDS) vorgesehen ist, der einen digitalen Akkumulator der Wortbreite N aufweist, welcher pro Takteinheit des als Quarzoszillator ausgebildeten Oszillators (100) mit einer Taktfrequenz f_{Quarz} mittels einer Inkrementierstufe um eine ganze Zahl Z inkrementierbar ist.

10

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass für die Erzeugung der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 getrennte DDS-Einheiten (110, 120) vorgesehen sind.

15

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Teiler-Einheit (130) zur Erzeugung der Abtastfrequenz f_a aus der Modulationsfrequenz f_1 vorhanden ist oder

dass eine Teiler-Einheit (140) zur Erzeugung der Abtastfrequenz f_a aus der Modulationsfrequenz f_2 vorhanden ist.

20

25

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Teilungsverhältnis der Teiler-Einheit (130, 140) ganzzahlig ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Teilungsverhältnis der Teiler-Einheit (130, 140) mindestens 2
beträgt.

19. Januar 2004

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansteuerung für ein Heterodyn-Interferometer

10

Zusammenfassung

15

20

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines Heterodyn-Interferometers mit zwei in getrennten Lichtwegen angeordneten akustooptischen Modulatoren, einem Empfänger, welcher ein Analogsignal erzeugt, und einem nachgeschalteten A/D-Wandler, der das Analogsignal in ein Digitalsignal wandelt, bei dem der eine akustooptische Modulator mit einer Modulationsfrequenz f_1 und der andere akustooptische Modulator mit einer anderen Modulationsfrequenz f_2 angesteuert werden, die Differenz der Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 eine Heterodynfrequenz f_{Het} bildet und die Umwandlung des Analogsignals in das Digitalsignal im A/D-Wandler mit der Abtastfrequenz f_a erfolgt.

25

Bei einem solchen Heterodyn-Interferometer wird ein festes Verhältnis der Modulationsfrequenzen eingehalten und diese können sich nicht durch Alterung und Drift gegeneinander verschieben, indem zumindest zwei der Frequenzen aus den Modulationsfrequenzen f_1 , f_2 und der Abtastfrequenz f_a aus einer Grundfrequenz f_{Quarz} eines gemeinsamen Oszillators gebildet werden.

Weiterhin kann hierdurch erreicht werden, dass die Abtastfrequenz f_a in einem festen Phasenverhältnis zur Differenzfrequenz der Modulationsfrequenzen f_1, f_2 , der Heterodynfrequenz f_{Het} , steht. Die Messgenauigkeit wird erhöht, da die Abtastung
5 unabhängig von Drift und Alterung bei konstanter Phase erfolgt.

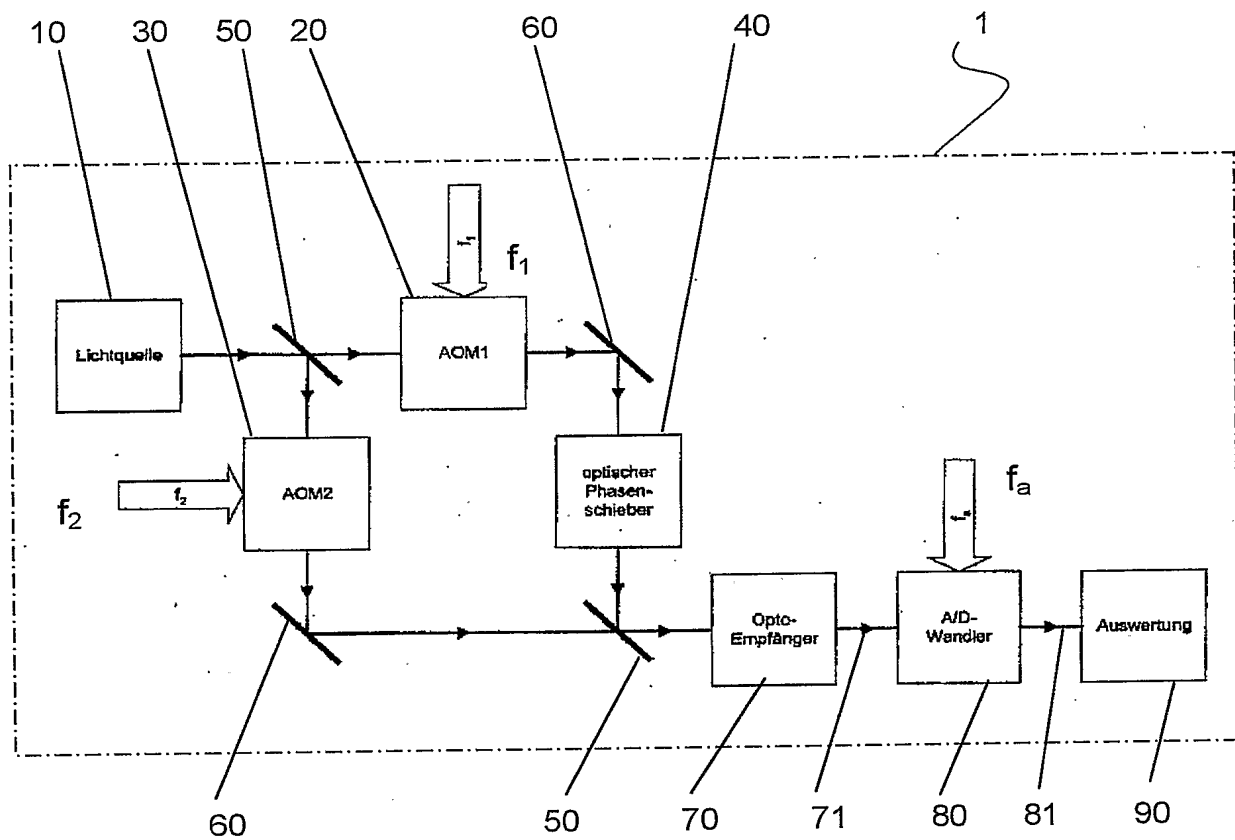


Fig. 1

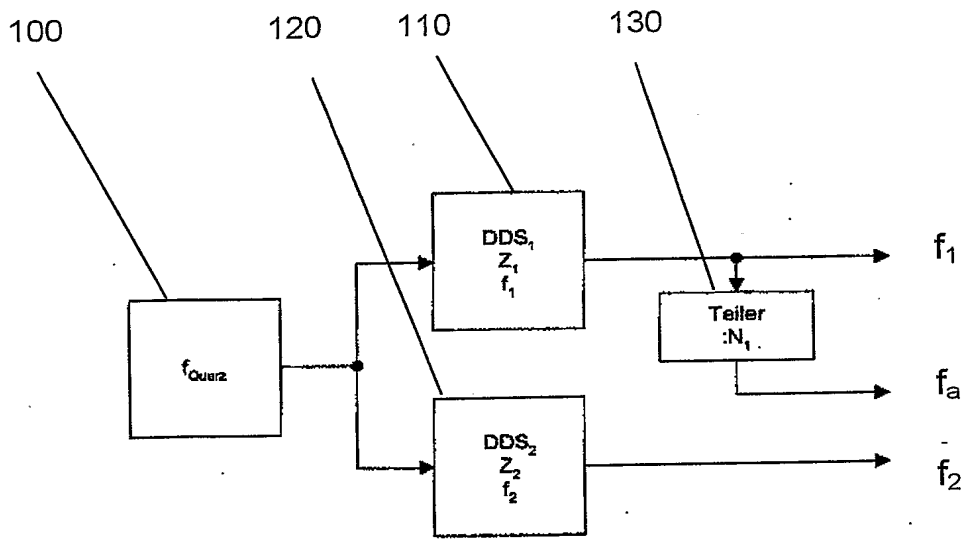


Fig. 2

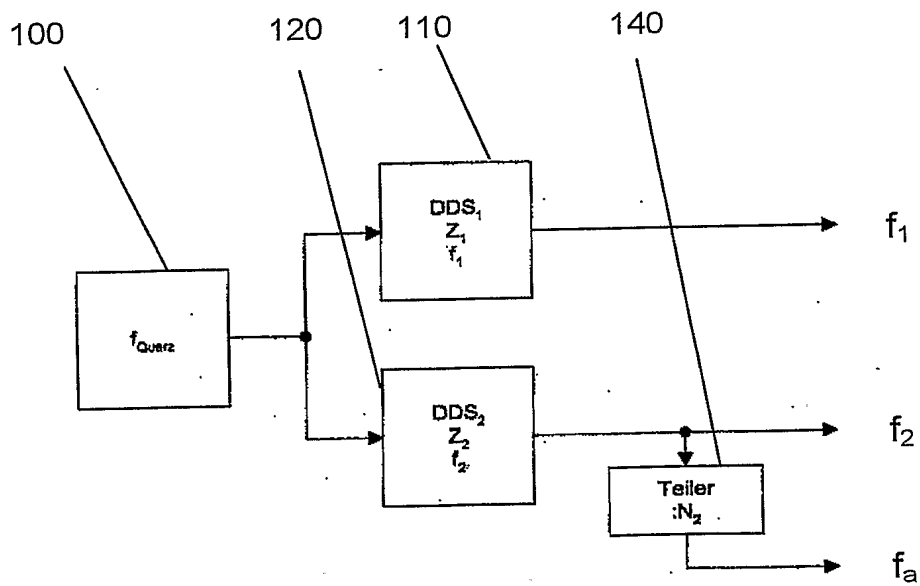


Fig. 3